

Desafío y esplendor en la construcción del primer rascacielos madrileño

Natalia Vela Martins

El proceso constructivo del edificio de la compañía Telefónica (1926–1930) representa un marco en la historia de Madrid. Esto se debe tanto al carácter referencial en la Gran Vía, como también, por la vanguardia de los sistemas constructivos en él utilizados, nada habituales en el territorio español hasta entonces.

Los autores del proyecto, el arquitecto español Ignacio de Cárdenas y el americano Louis S. Weeks, tomando en cuenta su situación privilegiada, concibieron el proyecto original como un reclamo comercial, a modo de fortalecer la imagen corporativa de la empresa. A pesar de la innovación que supuso la construcción del edificio, su modernidad estuvo limitada solamente a la función estructural porque el estilo arquitectónico adoptado exteriormente —el llamado «barroco madrileño»— ya era muy popular en otras edificaciones de la época.

Otras características destacables en el edificio son la complejidad y magnitud de ejecución. La construcción tiene una altura de 89,3 m distribuida entre catorce pisos, dos sótanos y un torreón de dos plantas. Su período de ejecución también es sorprendente: menos de tres años, todo un récord en construcciones de este género. Inicialmente, la superficie construida fue aproximadamente de 2.280 m², pero, posteriormente, en los años cincuenta, el edificio pasó por una ampliación de 571 m². Su volumen se divide en tres cuerpos, cada uno de ellos con diferentes funciones y valores de sobrecarga. De esta forma, en las dos plantas del sótano están las instalaciones principales del edificio (archivos y depósitos); en la planta baja, los servicios de atención al público; en el

cuerpo intermediario, las instalaciones telefónicas; y finalmente, en el torreón superior, las oficinas de la compañía.

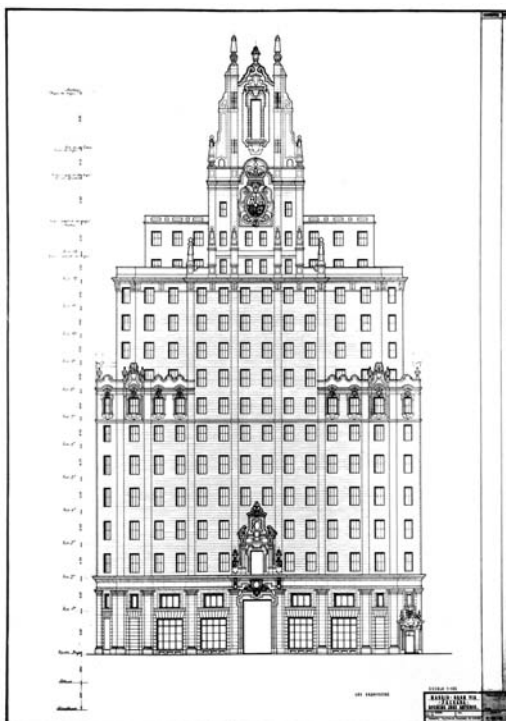


Figura 1
Alzado de la fachada principal en la Gran Vía madrileña



Figura 2
Boceto del proyecto en perspectiva

los otros pozos, mientras que la cuota del subsótano es de 8 m. Los pilotes empleados son de fustes cilíndricos de 2 m de diámetro, con base en forma de tronco cónico con superficie circular de apoyo de diámetro variable de 3 a 4 m. Sobre los pilotes se apoyan pozos rectangulares de hormigón entre el subsótano y el sótano; y en este último empiezan los pilares de la estructura perimetral. Los muros de contención en hormigón armado no cuentan con zapata corrida en su base, para lograr un comportamiento de grandes vigas-pared, se apoyan sólo sobre los pilotes para la transmisión de cargas. Estos se ubican en los espacios entre los pilares del sótano, y entre los pozos de hormigón del subsótano.

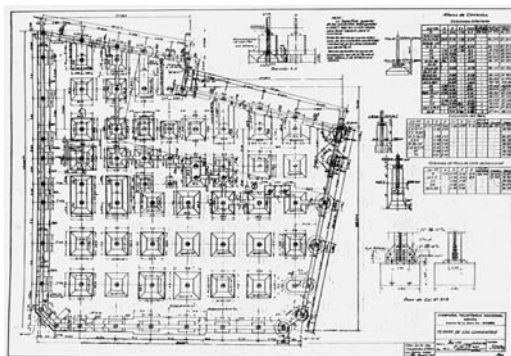


Figura 3
Planta de cimentación

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

Cimentaciones

El patrón general adoptado para la cimentación ha sido la zapata aislada de hormigón armado (soportes interiores), junto con muros de contención y pozos de cimentación sobre zapata corrida (soportes perimetrales). También se utilizaron pilotes profundos en los soportes de la fachada de la calle Fuencarral, empleados para alcanzar un nivel de cimentaciones de hasta 20 m de profundidad con respecto al nivel de la calle. De esta forma, se evitaron las transmisiones de cargas en las zonas próximas a la bóveda del metro, situada en la misma manzana. En relación al resto de la cimentación, el nivel de excavación de solera es muy inferior, llegando a los 10 m de profundidad en

Las zapatas aisladas conforman una planta cuadrada de base plana de 4 m y 65 cm de canto, finalizada por un cuerpo en forma de tronco-piramidal de la misma altura, pero con base cuadrada superior de 2 m de lado. Su composición es de hormigón armado con retícula de barras de hierro de 20 mm en dos direcciones, dobladas en los extremos a modo de gancho de 15 cm para el anclaje.

Sobre las zapatas se distribuye un enrejado de perfiles laminados de dos capas. La capa inferior es de perfiles españoles del tipo «I» de 30 cm de canto, separados en número de 8, 9 ó 10 a corta distancia. Mientras que, en la capa superior, transversal a la primera, se disponen perfiles americanos del tipo «I» o doble «C», con canto variable de 38,1 a 50,8 cm,

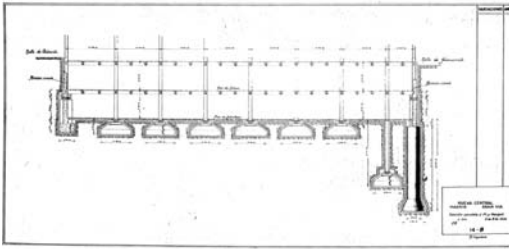


Figura 4a
Sección paralela a la fachada de la Gran Vía

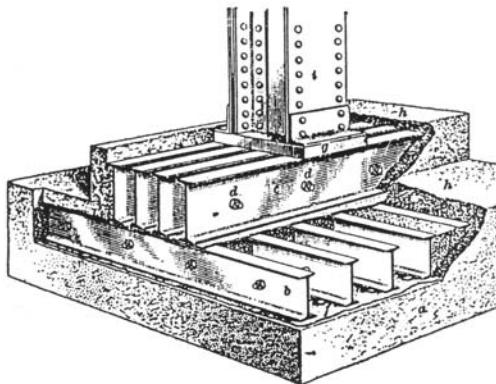


Figura 4b
Esquema de distribución del enrejado de perfiles laminados sobre la cimentación

en número de 3 ó 4 perfiles. Los diferentes perfiles de cada capa se unen entre sí a través de pernos de 25 mm de diámetro, con separadores intermedios de tubo hueco de 28 mm. Finalmente, por encima de la capa superior, reposa la base de los soportes, unida por perfiles angulares acartelados. Toda la estructura descrita ha sido embebida en hormigón, como medi-

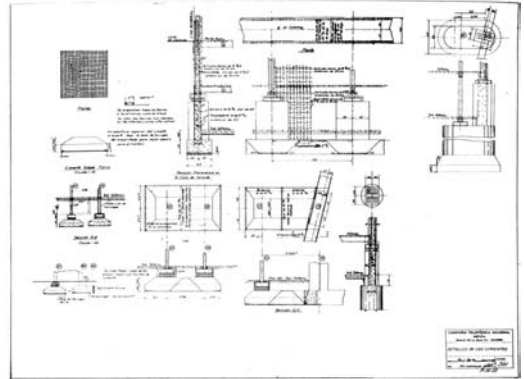


Figura 5
Detalles de pilares, zapatas y muros de contención

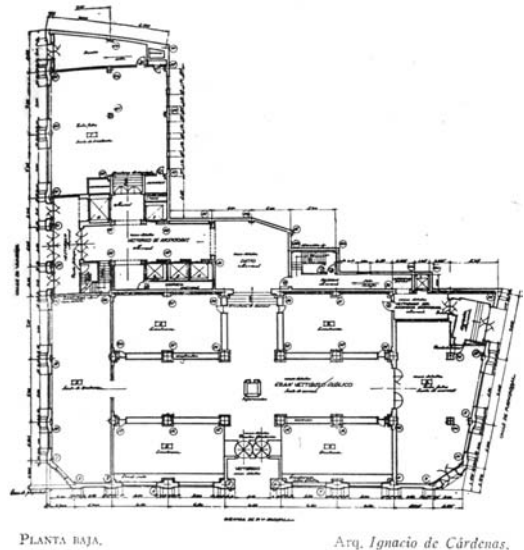


Figura 6
Planta baja del edificio. Zona de atención al público

da de protección contra incendios, y para evitar el contacto directo de las cimentaciones con el terreno.

Durante esta época, las construcciones solían utilizar tipos de cimentaciones muy complejos. En este caso específico, los recursos aplicados en la ejecución se basaban en la realización de amplios macizos rígidos. De ese modo, conforme la hipótesis del centrado perfecto de cargas, se proporcionaba un incremento progresivo de peso en la base de apoyo del edificio.

Otra consideración importante, en cuanto a las cimentaciones del rascacielos, es la acción del viento; porque, al tratar el edificio como un elevado voladizo enclavado en el terreno, la presión sobre la construcción supone un incremento de cargas, que podría alcanzar hasta una tercera parte del peso propio de la estructura. A pesar de la delgadez lograda con el empleo de nuevos materiales, había que solucionar la dificultad de transmisión de cargas al terreno durante la construcción. La cuestión principal era la exigencia del número de pilares, que no debía interferir en la diafanidad de las plantas bajas. Sin embargo, esta limitación demandaba una resolución problemática, ya que la concentración de cargas sobre el terreno se daba en un área muy reducida si se compara a las proporciones del edificio. En el caso de la Telefónica, esos valores de carga oscilan alrededor de 650 toneladas en los pilares interiores, 850 toneladas en los pilares de la torre, y cerca de 300–350 toneladas en los pilares de fachada.

Sistema estructural

Se trata de una construcción de esqueleto metálico hormigonado compuesta por una retícula cuadrícula de vigas maestras con intervalos de $6,40 \times 7,30$ m. Este módulo básico se repite a lo largo de toda la obra conforme a la necesidad de cada planta. Existen modificaciones, en algunas zonas, realizadas para solucionar complicaciones en esquinas, chaflanes, patios, huecos de escaleras, etc.

La armadura metálica está constituida por perfiles universales simples. En el ancho se apoyan las vigas principales, y a lo largo, las vigas secundarias sostienen directamente la losa del forjado. Las vigas principales tienen una luz de 6,40 m y están distribuidas en un intervalo de 7,30 m. En ese mismo trecho están dispuestas las vigas secundarias, con una distancia de

2,13 m entre sí. De esa forma, cada módulo básico está dividido por tres vanos formados por cuatro vigas secundarias; dos de ellas van apoyadas a las principales, mientras que las otras dos se sostienen directamente en los soportes. Con esta distribución, se asigna una distancia mayor entre vigas que, entonces, aguantan cargas uniformes menores. También, se obtiene una distancia menor entre las vigas principales, que soportan las cargas puntuales de las secundarias, transmitiendo a los pilares sólo $\frac{1}{2}$ de la carga de piso de un módulo completo. Consecuentemente, la retícula de módulos define las líneas básicas de carga de las vigas principales paralelas a la fachada de la Gran



Figura 7
Plano estructural de la planta baja

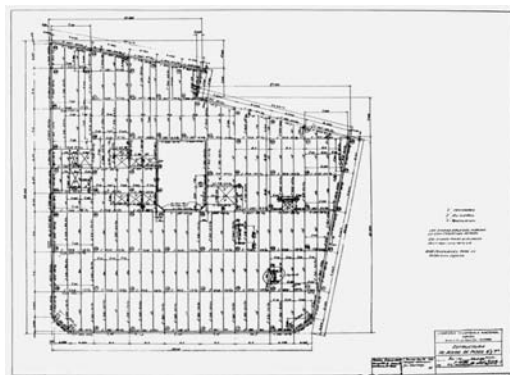


Figura 8
Plano estructural de la planta tipo

Vía, y las líneas de las secundarias, ortogonales a las mismas.

Con respecto a las cargas verticales, se tiene una idea del orden de las fuerzas al comparar la carga de los pilares de la última planta (65 toneladas), con los de la planta subsótano (650 toneladas).

En general, la sección de cada pilar está constituida por una combinación de chapas o platabandas metálicas que forman un perfil de sección en «I». Sus alas son formadas por chapas de espesor variable de 10 a 20 mm, y ancho de 25,4 a 45,7 cm, reforzadas con chapa doble en los soportes de las plantas inferiores, donde el valor de cargas es significativo. El alma del perfil se compone de una chapa simple con las mismas dimensiones, que conforma secciones de proporción cuadrada (ancho = largo). En algunos casos, la sección llega a ser ligeramente rectangular, con las alas un poco más anchas que el

alma. Ésta y las alas se conectan a través de cuatro perfiles angulares, de 10 a 20 cm de largo y 10 a 16 mm de espesor, con lados iguales unidos por roblones remachados.

En el proyecto también se encuentran diferentes formas de resolver los pilares que, a pesar de limitarse a un número muy reducido de perfiles básicos (sección en doble «T» e «I» o sección en «U»), se asocian libremente a chapas de hierro y remaches de unión para formar combinaciones frecuentes de perfiles de tipo «Ströbel», «Keystone», «Phoenix», «Poulsen» y «Larimer».

En la configuración de los elementos horizontales del sistema (vigas principales y secundarias), al contrario, se utilizan pocos tipos de perfiles laminados. En las primeras, los perfiles más empleados son de 45,7 y 50,8 cm con refuerzo; en cuanto que en las vigas secundarias, se adoptan los de 38,1 y 45,7 cm sin refuerzo.

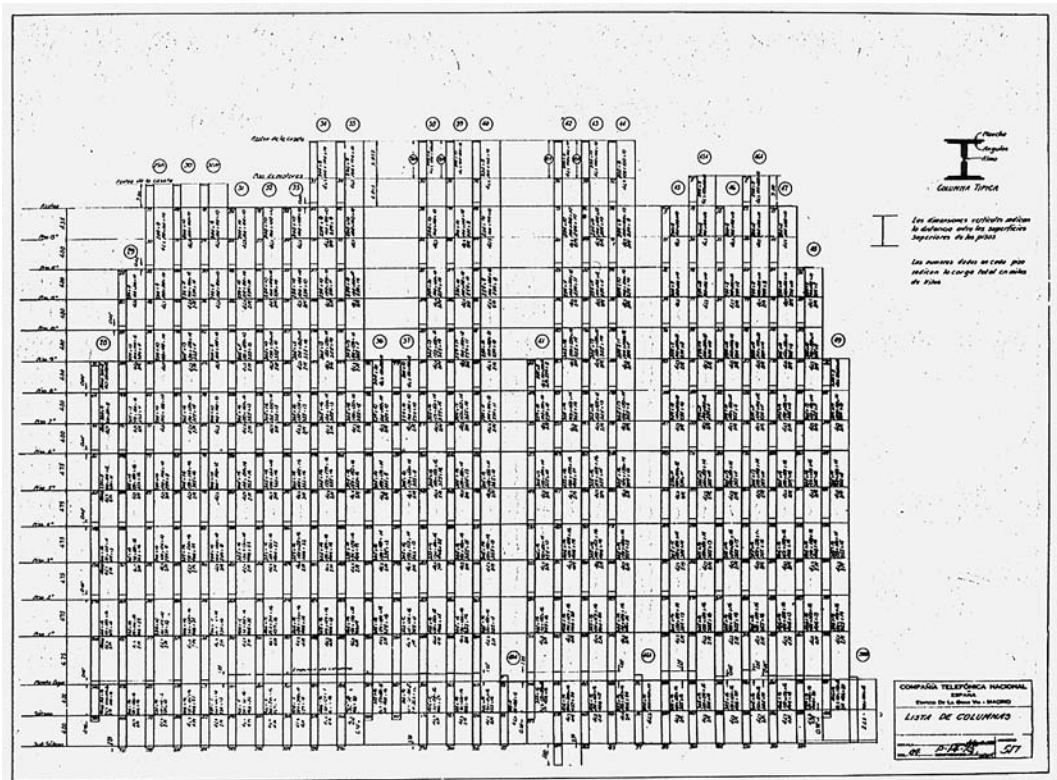


Figura 9
Plano de dimensionado y esquema de cargas de pilares

A lo largo del edificio, los soportes principales se fabricaron con una altura de dos plantas, para acelerar el ritmo de los trabajos y reducir a la mitad el número de uniones necesarias, las cuales se ejecutaron con gruesas chapas en la base de apoyo, unidas a los perfiles del soporte por cartelas triangulares o perfiles angulares remachados a dos piezas.

Los apoyos de las vigas principales sobre los soportes se elaboraron con ménsulas cortas de perfiles de canto unidos al alma o a las caras del soporte. Esta técnica se efectúa a través de dos chapas horizontales de apoyo, que se conectan a la ala superior e inferior de la viga, o por medio de perfiles angulares que unen el alma a la ménsula.

Con respecto a los forjados, están constituidos de una losa de hormigón armado de 10 cm de grosor en un sistema de estructura «colgada» —moderno para la época— que evitaba la presencia de puntales. Su armadura se realiza con barras lisas de diámetro de 16 mm, con un aspecto continuo en la cara inferior, pero discontinuo en la superior (zona de apoyo de vigas), con una longitud total que corresponde a la mitad del vano. La parte superior de la armadura está compuesta por barras dobladas, para la absorción del esfuerzo cortante, y barras de refuerzo, ancladas con ganchos en sus extremos.

La asociación entre perfiles universales y losas de hormigón armado —considerada una forma «pesada» de construcción— presenta muchas ventajas sobre otros sistemas. Su aplicación permite alcanzar fácilmente luces de 6 a 8 m sin la necesidad de apoyos. Además, la ejecución es más rápida, porque el hormigón no demanda tanto tiempo en el fraguado y desarrollo de resistencia.

En la construcción de los pisos se utilizaron las tradicionales viguetas de madera apoyadas directamente sobre la estructura metálica. Más tarde, con el avance de las técnicas constructivas, éstas se sustituyeron por perfiles metálicos y forjado de hormigón «in situ» armado con varillas lisas de hierro, que permite que las instalaciones del edificio estén incorporados al espesor del forjado.

La influencia americana es notable en todo el proyecto, especialmente en el concepto estructural, calculada con base a los Reglamentos de Construcción de la ciudad de Nueva York, recogiendo las principales exigencias con respecto al cálculo, evaluación de cargas, protección contra incendios, resistencia a viento, etc. En el cálculo de sobrecargas, los valores

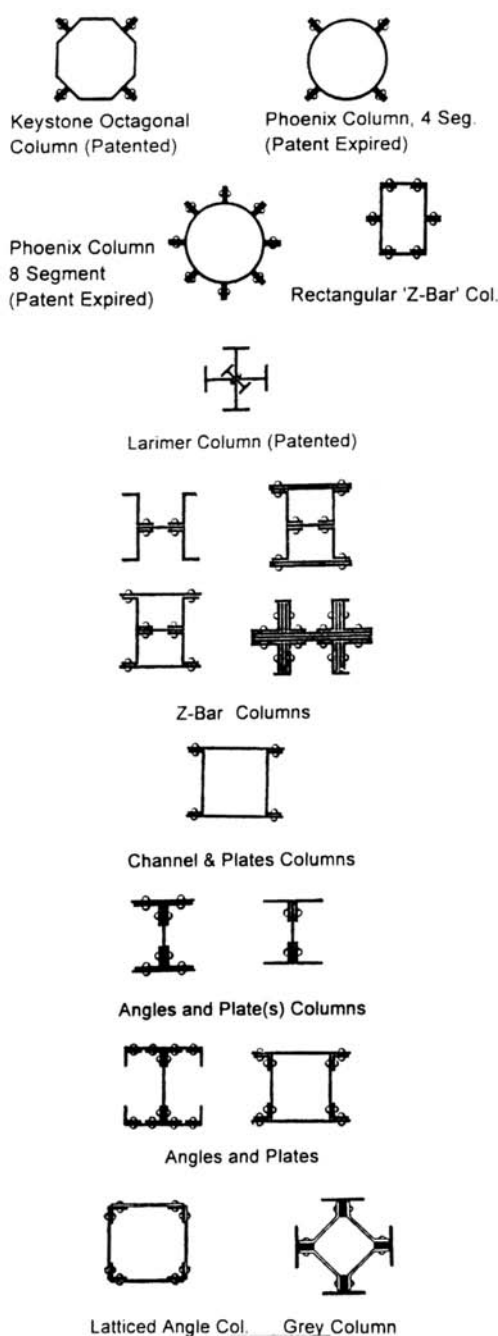


Figura 10a
Tipos de combinaciones con perfiles metálicos

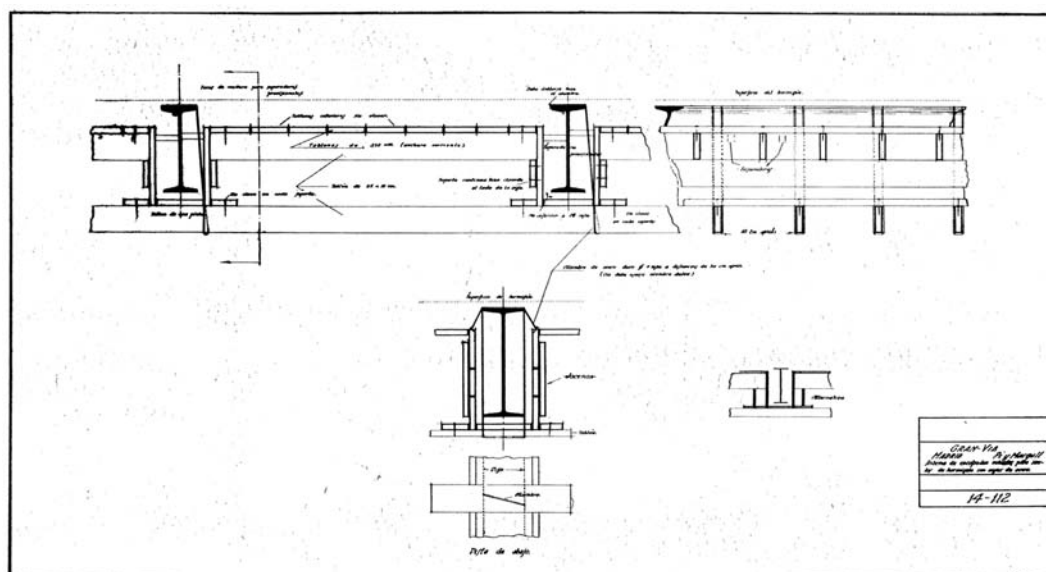


Figura 10b
Detalle de forjado

se han determinado según la función del edificio. En el caso de oficinas, los valores involucrados son bastante elevados, del orden de 500 a los 750 kg/m². En la Telefónica, por ejemplo, la sobrecarga de forjados es de, aproximadamente, 900 kg/m² de la 2ª a la 7ª planta, y 400 kg/m² en el resto del edificio.

El gran volumen de hierro empleado en la estructura, ha sido de más de 3.000 toneladas, cantidad sin precedentes para cualquier edificio madrileño.

La ampliación del edificio para ocupar el resto del solar se llevó a cabo en el año 1951. Entonces, se respetaron los esquemas de estructura y el dimensionado básico estructural, pero con el empleo adecuado de una gama de perfiles metálicos más modernos.

Rigidez lateral

La preocupación por la fuerza del viento, además de estar presente en el planeamiento de la cimentación, también aparece en el diseño del cuerpo de los rascacielos. Se proyectan para que la presión actuante en el cerramiento exterior se transmita a los pisos en forma de diagramas horizontales, transfiriendo la

carga lateral primero a los elementos rígidos y después, al suelo. En el proyecto de la Telefónica, la estructura resistente al viento ha sido escasamente documentada en los planos estructurales. En el alzado de la medianería de la calle Valverde (véase fig.11), se pueden distinguir elementos de triangulado con cruces de San Andrés, en dos de los vanos, extendiéndose desde la planta baja hasta la 8ª. Ese triangulado fue ejecutado con perfiles angulares de lados desiguales de 12 y 8 cm, cruzados en aspa, conformando un sistema rígido para soportar la tensión.

En la fachada de la calle Fuencarral, otro recurso empleado para fortalecer la unión estructural y aportar rigidez al conjunto ha sido la inserción de barras inclinadas —a modo de tornapuntas— en las esquinas de cada recuadro formado por vigas e pilares, desde la planta baja hasta la 8ª. No obstante, esta configuración tiene el inconveniente de exigir el auxilio de las vigas principales en contra de los sistemas de triangulación completa de tirantes diagonales. Por lo tanto, para conseguir que la estructura horizontal en cada nivel sea rígida en el mismo plano, se deben disponer de tirantes diagonales uniendo las cabezas opuestas de las vigas principales.

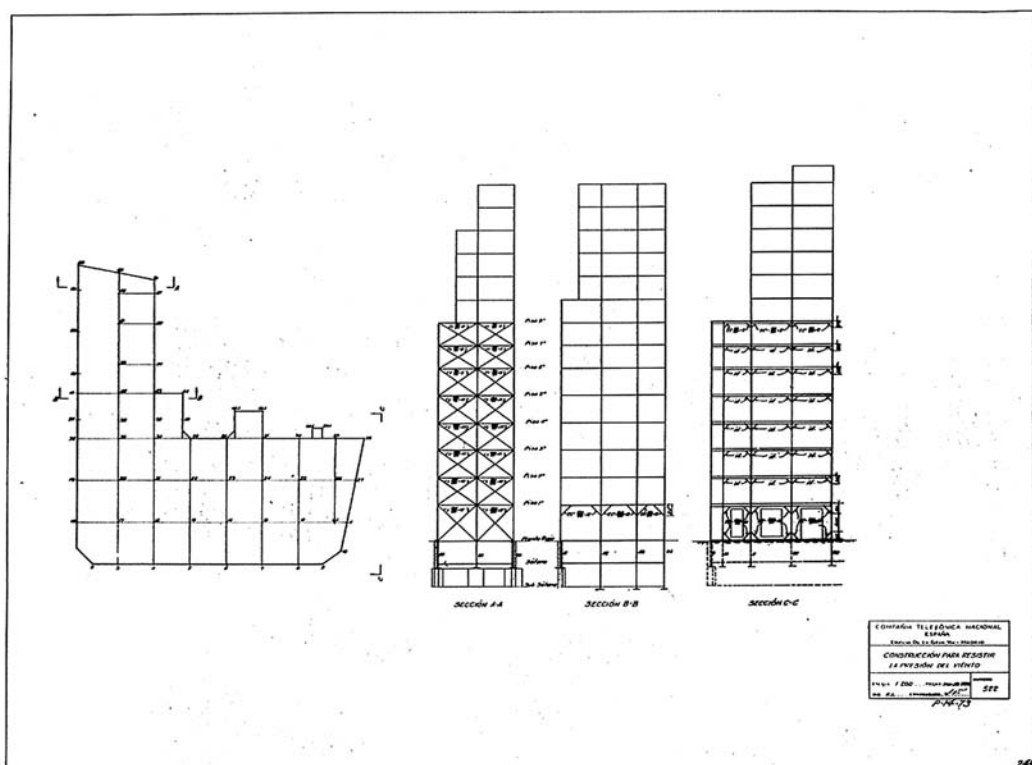


Figura 11
Esquema de la estructura resistente al viento

En cuanto a la tipología del sistema de rigidez lateral, éste corresponde al llamado «shear truss-frames», que se caracteriza por la presencia de núcleos de carga, generalmente, en la zona de circulación vertical (ascensores y escaleras), dentro del núcleo simétrico de la planta estructural.

Protección contra incendios

Debido al factor de protección ignífugo, todas las piezas metálicas de la estructura fueron recubiertas con hormigón en masa, con recubrimiento mínimo de 2 cm. De esa manera, el esqueleto de hierro queda oculto, con un aspecto igual al de una estructura en hormigón armado. El sistema utilizado para el encofrado consistía en tablas de madera colgadas de los

propios perfiles metálicos, mediante varillas de alambre duro. Todo el conjunto de vigas y losas de forjado fue hormigonado de una sola vez, para dar bastante solidez al conjunto. En los pilares se ha empleado un encofrado normal de tabloneros a cuatro caras, formando cartelas en la cabeza de unión con las vigas. En el proceso de hormigonado de los pisos se utilizaron 3.200 m³ de hormigón, distribuidos por una superficie de 20.000 m².

Revestimiento exterior

En el proyecto de la Telefónica, se evitaron los pilares y vigas principales en el exterior para el apoyo de los elementos de cerramiento en fachada. En su lugar, se utilizó una segunda viga empotrada a la parte

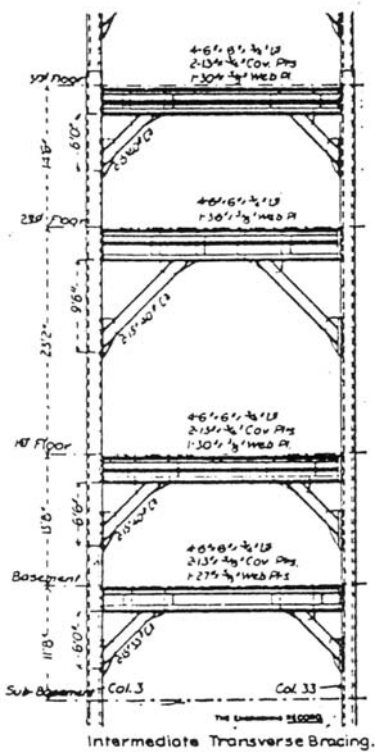


Figura 12
Esquema de arriostramiento lateral

externa de los pilares, enlazando horizontalmente todo el perímetro de la fachada. La ventaja de esa configuración era poder ocultar la estructura detrás del muro de fachada, y así, protegerla contra la corrosión.

Todas las fachadas del edificio se realizaron con cantería en los paramentos exteriores: granito del Guadarrama (hasta la 2ª planta), piedra arenisca del tipo «Bateig» de Mónovar color ocre claro (hasta la coronación), y ladrillo blanco silíceo-calcáreo (medianerías y patios). El trabajo de labra del revestimiento exterior fue elaborado en un gran taller montado a pie de obra a fin de facilitar el transporte de piezas. También se instalaron máquinas especiales

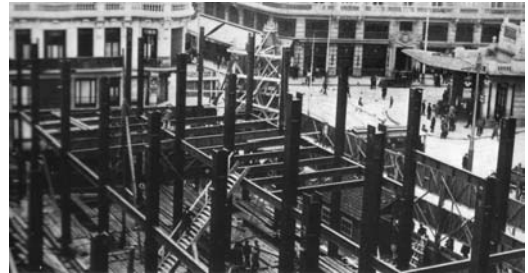


Figura 14
Foto de la estructura metálica con la Red de San Luis al fondo



Figura 13
Foto del inicio de la excavación, con carros tirados por caballos transportando los escombros

para el corte y acabado del material, a pesar de que la fase final de molduración fue siempre rematada «in situ».

Torreón superior

La tipología de torre con retranqueos del proyecto está basada en los rascacielos americanos proyectados después de la famosa «Zoning Code» (1916), código que controlaba la altura e disposición de las torres. Según esa ley, el edificio podría alcanzar una altura al nivel del lindero frontal con la calle igual a su ancho más un 50%. Los demás volúmenes elevados no deberían salir de una línea imaginaria que partía del centro de la calle pasando por el borde superior anteriormente definido. Como consecuencia, surgieron los rascacielos con remates escalonados, que tuvieron mucho éxito en otras ciudades donde esa reglamentación todavía no existía, como es el caso de Madrid.

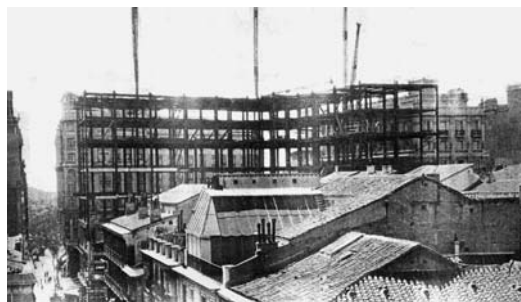


Figura 15

Foto de la fase intermedia de la estructura del edificio

CONCLUSIÓN

Dentro del contexto urbano del siglo XX, el rascacielos representa la idea del desarrollo individual y el éxito del sistema capitalista. A partir de entonces, el protagonismo de los rascacielos sobre las demás arquitecturas se torna más frecuente, conformando el paisaje urbano de un nuevo tipo de ciudad, donde la pequeña escala de las antiguas construcciones pierde su importancia. De esa manera, esas edificaciones se

van multiplicando en los grandes centros y se empieza a establecer un diálogo entre enormes masas singulares dentro de la red urbana.

Para la historia de la arquitectura, la importancia del edificio de esqueleto metálico significa la liberación de los inconvenientes muros de carga, o sea, la independencia total entre estructura portante y cerramiento exterior. También, el rápido y económico planteamiento del proceso constructivo a través de la mecanización. Como consecuencia, surgen otras preocupaciones, ya que la propia estructura en aquel momento plantea nuevas exigencias antes no imaginables, como la protección contra el fuego, la resistencia al viento, la organización del montaje y ejecución en obra, etc. En estos términos, se puede decir que el proyecto de la Telefónica sirve como ejemplo representativo de la arquitectura eclectica con la tipología del «skeleton», cuyo armazón metálico reci-



Figura 16

Foto de la fase final del esqueleto metálico

be las cargas de forjados, cubiertas, paredes, transmitiéndolas a las cimentaciones a través de los pilares; pero aún con las fuerzas horizontales dependientes de la rigidez de los muros.

Tampoco se debe olvidar que el proyecto explica claramente las contradicciones constructivas del periodo, como la rivalidad entre el rápido proceso de montaje de la estructura metálica en contra de la ejecución artesanal del cerramiento exterior (obra de fábrica y cantería). Este fenómeno sería muy bien simbolizado por el detalle constructivo del «spandrel», donde es visible la ingeniosa mezcla entre la construcción metálica interior y la cargada ornamentación de inspiración historicista.

Más tarde, por medio del proceso integrador de esa nueva tipología, la capital madrileña se encontrará con el concepto audaz de la «city within the city», caracterizado por las inmensas construcciones que funcionaban como pequeñas ciudades verticales por su magnitud en volumen y por la variedad de instalaciones presentes en su interior.

Sin duda, la obra de este emblemático edificio encarna, históricamente, la introducción de una moderna tecnología progresista que ha sabido superar las

dificultades encontradas entre los escasos medios disponibles con la experta ayuda de profesionales americanos.

LISTA DE REFERENCIAS

- Blanc, Alan; Michael McEvoy y Roger Plank eds. 1993. *Architecture and Construction in Steel*. Cambridge: University Press.
- Cárdenas, Ignacio de. 1928. «El Edificio de la Compañía Telefónica Nacional de España en Madrid». *Arquitectura*, 106: Febrero, 42–46. Madrid: Sociedad Central de Arquitectos.
- Hart, F.; W. Henn y H. Sontag. 1976. *El Atlas de la Construcción Metálica*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S. A.
- López-Amor Herrero, Jaime. 1992. *Rehabilitación del edificio de la Telefónica en la Gran Vía de Madrid*. Madrid: Dragados y Construcciones S. A.
- Navascués Palacio, Pedro y Ángel Luis Fernández. 1984. *El Edificio de la Telefónica*. Madrid: Espasa-Calpe, S. A.
- Rabun, Stanley J. 2000. *Structural Analysis of Historic Buildings: Restoration, Preservation, and Adaptive Reuse Applications for Architects and Engineers*. New York: John Wiley & Sons, Inc.